

1. Безруких П. П. Использование энергии ветра. Техника, экономика, экология. М. : Колос, 2008. 196 с.
2. Устройство автоматического торможения ротора горизонтально-осевой ветроэнергетической установки : патент на полезную модель RUS 142083 / Соломин Е. В., Кирпичникова И. М., Сироткин Е. А. [и др.] 26.12.2013.
3. Аникин А. С., Козлов С. В., Сироткин Е. А., Соломин Е. Е. Регулирование частоты вращения ротора вертикально-осевой ветроэнергетической установки // Международный научный журнал Альтернативная энергетика и экология. 2014. № 5 (145). С. 32-36.
4. Аникин А. С., Козлов С. В., Сироткин Е. А., Соломин Е. Е. Анализ жизненных фаз ветроэнергетической установки // Международный научный журнал Альтернативная энергетика и экология. 2014. № 5 (145). С. 37-41.
5. Bianchi, Fernando D. Wind turbine control systems: principles, modelling and gain scheduling design. London : Shpringer, 2007. 208 p.
6. Лятхер В. М. Развитие ветроэнергетики // Малая энергетика. 2006. № 2 (4-5). С. 18-38.
7. Соломин Е. В. Основы методологии разработки вертикально-осевых ветроэнергетических установок // Альтернативная энергетика и экология. 2011. № 1. С. 18-39.
8. Кирпичникова И. М., Соломин Е. В. Виброгасители мачт сверхмалых вертикально-осевых ветроэнергетических установок. // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика. 2010. № 14 (190). С. 78-81.
9. Волович Г. И., Кирпичникова И. М., Соломин Е. В., Топольский Д. В., Топольская И. Г. О развитии средств автоматизации в энергетике с использованием возобновляемых источников энергии // Письма в международный научный журнал "Альтернативная энергетика и экология". 2014. № 1. С. 54-55.

УДК 631.311.6

Склюев М. А., Безматерных М. А., Щеклеин С. Е.,
Селезнева И. С., Немихин Ю. Е.
Уральский федеральный университет
miha.skl@mail.ru, max6669@rambler.ru, s.e.shcheklein@urfu.ru

СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ В ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИИ

Аннотация. Работа посвящена установлению зависимости между величиной энергосберегающего эффекта процесса аэробной очистки сточных вод и экономией природного ресурса.

В эпоху высокоразвитого промышленного производства и сельского хозяйства во всем мире особо остро встает вопрос сокращения расхода сырьевых и энергетических ресурсов, снижения эмиссии парниковых газов и охраны окружающей среды. Не менее актуальной является и проблема энергосбережения.

В качестве примера рассмотрим процесс аэробной биологической очистки промышленных и бытовых сточных вод, который является достаточно энергоемким за счет значительного расхода электроэнергии для работы воздуходувок с целью обеспечения интенсивной аэрации в аэротенках. За счет использования керамических аэраторов «Бакор», обеспечивающих мелкопузырчатую аэрацию

при меньшем расходе воздуха, возможно уменьшение мощности воздуходувок и сокращение энергозатрат [1].

В настоящее время на Северной аэрационной станции (САС) МУП «Водоканал» г. Екатеринбурга применяются воздуходувки Aerzener GM 80 с частотно-регулируемым приводом номинальной мощностью 132 кВт. Число оборотов двигателя воздуходувки регулируется частотным преобразователем CombiVario CV-7600 от сигнала датчика содержания растворенного кислорода в аэротенке, расход электроэнергии при этом составляет 4916,33 тыс. кВт·ч в год.

В случае использования предложенных нами керамических аэраторов «Бакор» снижается расход воздуха, поэтому с помощью частотного регулятора можно снизить мощность воздуходувки на 50 %, т. е. до 66 кВт. Нами было рассчитано проектное потребление электроэнергии с учётом снижения мощности воздуходувок, оно составит 2458,16 тыс. кВт·ч/год. В табл. 1 приведены показатели работы САС МУП «Водоканал» Екатеринбурга.

Таблица 1

Показатели работы САС МУП «Водоканал» г. Екатеринбурга (по ГОСТ Р 51379–99 [2])

Поз.	Показатель	Ед. изм.	Базовый год	Проектный год
1	Объем производства продукции	тыс. руб.	88865,302	83481,925
2	Очищенные сточные воды	тыс. м ³	27010,730	27010,730
3	Потребление энергоресурсов	т у. т. тыс. руб.	603,97 10766,75	301,98 5383,38
4	Энергоемкость производства продукции	$\frac{\text{т у. т.}}{\text{тыс. м}^3}$	0,022	0,011
5	Доля платы за энергоресурсы в стоимости произведенной продукции	—	0,399	0,199

Таким образом, в результате проведенных технико-экономических расчетов показано, что за счет замены мембранных аэраторов NaFi на керамические Бакор энергоемкость аэробной биологической очистки сточных вод уменьшится на величину 0,011 т у. т./тыс. м³, что составляет 50 %. При этом потребление электроэнергии снизится до 301,98 т у.т./год.

Остановимся подробнее на последнем значении и рассчитаем экономию природных ресурсов по методике [3].

Обозначим Q_n – ресурс, а Q_{n+1} – полезный выход промежуточной системы, тогда КПД системы

$$\eta_n = \frac{Q_{n+1}}{Q_n} \text{ или } Q_n = \frac{Q_{n+1}}{\eta_n} \quad (1)$$

Если Q_0 - исходный (начальный) ресурс, то

$$Q_0 = \frac{Q_{n+1}}{\prod_{i=0}^n \eta_i}, \quad (2)$$

где η_i – КПД промежуточной системы;

Q_{n+1} – окончательный полезный выход.

Обозначим экономию на выходе как ΔQ_{n+1} , тогда экономия исходного ресурса ΔQ_0 составит:

$$\Delta Q_0 = \frac{\Delta Q_{n+1}}{\prod_{i=0}^n \eta_i}. \quad (3)$$

Обозначим K_{n+1} коэффициент экономии исходного ресурса ΔQ_0 при сбережении на выходе ΔQ_{n+1} :

$$K_{n+1} = \frac{\Delta Q_0}{\Delta Q_{n+1}}. \quad (4)$$

Тогда из (3) и (4)

$$K_{n+1} = \frac{\Delta Q_0}{\Delta Q_{n+1}} = \frac{\Delta Q_{n+1}}{\Delta Q_{n+1} \cdot \prod_{i=0}^n \eta_i} = \frac{1}{\prod_{i=0}^n \eta_i} \quad (5)$$

или $\Delta Q_0 = K_{n+1} \cdot \Delta Q_{n+1}$, т. е. экономия ΔQ_{n+1} приводит к сбережению исходного ресурса ΔQ_0 пропорционально K_{n+1} .

Сравним влияние на сбережение исходного ресурса промежуточных систем m и n , причем $m > n$. При

$$K_{m+1} = \frac{1}{\prod_{i=0}^m \eta_i}; \quad (6)$$

$$K_{n+1} = \frac{1}{\prod_{i=0}^n \eta_i}. \quad (7)$$

сравнительная эффективность экономии исходного ресурса

$$\frac{K_{m+1}}{K_{n+1}} = \frac{\prod_{i=0}^n \eta_i}{\prod_{i=0}^m \eta_i} = \frac{1}{\prod_{i=n+1}^m \eta_i} \quad (8)$$

Так как $\eta_i < 1$, то $\frac{K_{m+1}}{K_{n+1}} > 1$ или $K_{m+1} > K_{n+1}$, т. е. экономия в более поздних системах приводит к большей экономии исходного ресурса.

Продолжая этот процесс, составим табл. 2 и 3, считая исходным ресурсом месторождение газа, а конечным – энергоемкость производства продукции.

Таблица 2

Зависимость коэффициента экономии первичного ресурса от этапа использования

№ системы, этапы использования	Наименование	КПД системы, η_i	Экономия начального ресурса ΔQ_0 , т у. т. при экономии в i -той системе 1 т у. т., K_i
0	Добыча газа	0,85	1,18
1	Транспортировка газа	0,8	1,47
2	Выработка электрической энергии на ПГУ	0,4	3,68
3	Транспортировка электрической энергии	0,85	4,3
4	Энергоемкость производства продукции в настоящее время	0,5	8,6

Как следует из табл. 2, экономия одной единицы энергии на последнем этапе, а именно снижение энергоемкости производства продукции, в этом случае, приводит к экономии 8,6 единиц исходного (начального) ресурса, что в натуральном выражении составляет 2597 т у. т./год. Для наглядности результаты представлены на графиках (рис. 1, 2).

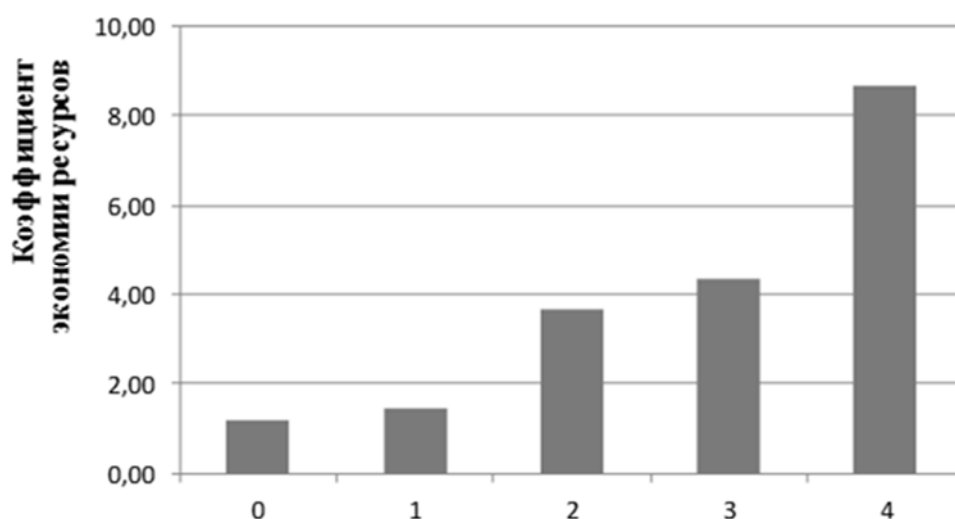


Рис. 1. Зависимость коэффициент экономии первичных ресурсов от этапа использования

Таблица 3

Зависимость потерь первичного ресурса от этапа использования

Номер системы, этапы использования	Наименование	Ресурс, т у. т./год	КПД системы, η_i	Потери первичного ресурса, т у. т./год
0	Добыча газа	2597	0,85	390
1	Транспортировка газа	2207	0,8	831
2	Выработка электрической энергии на ПГУ	1766	0,4	1891
3	Транспортировка электрической энергии	706	0,85	1997
4	Энергоемкость производства продукции в настоящее время	600	0,5	2297
	Использованный ресурс	300		

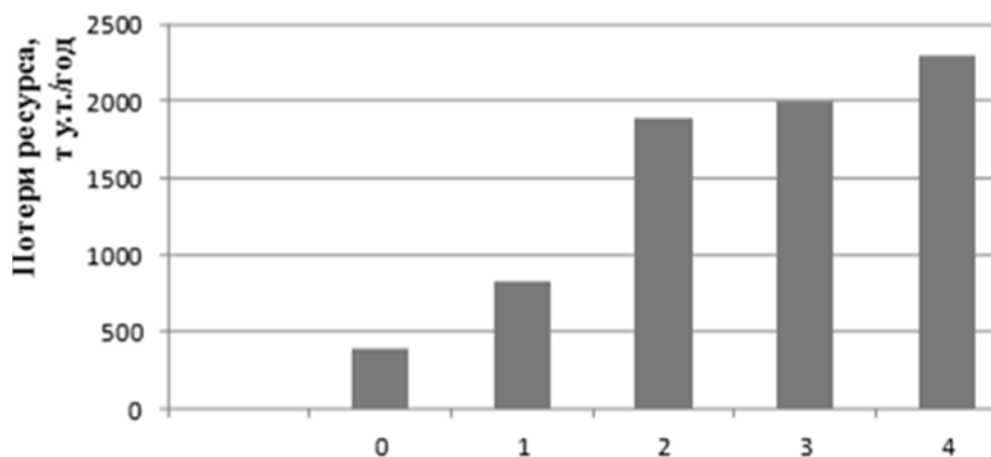


Рис. 2. Зависимость потерь первичного ресурса от этапа использования

Из табл. 3 видно, что потери первичных ресурсов многократно превосходят полезный выход энергии на заключительном этапе.

Можно с уверенностью предположить, что в будущем будут найдены способы более эффективного использования тех ограниченных ресурсов, которыми мы сейчас располагаем. Однако потери на этапе потребления всегда будут сильнее влиять на экономию первичных ресурсов. Поэтому, в силу синергетического эффекта, энергосбережение на этапе потребления приведет к снижению нагрузки на все предыдущие этапы и на окружающую среду.

Список использованных источников

1. Вайсулова Э. Ф., Безматерных М. А., Селезнева И. С. Энергосбережение на аэрационных станциях биологической очистки сточных вод // Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: материалы Всероссийской науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых с междунар. участием (Екатеринбург, 15–18 декабря 2015 г.). Екатеринбург : УрФУ, 2015. С. 278-279.

2. ГОСТ Р 51379–99. Энергосбережение. Энергетический паспорт промышленного потребителя топливно-энергетических ресурсов. Основные положения. Типовые формы. М.: ИПК Издательство стандартов, 2000. 16 с.

3. Щеклеин С. Е., Немихин Ю. Е. О проблеме синергетики в энергосбережении // Энергосбережение: состояние и перспективы : труды VII Всероссийского совещания-выставки по энергосбережению, Екатеринбург 21-24 марта 2006. Екатеринбург : ООО «РИА «Энерго-Пресс», 2006. С. 157-158.

УДК 628.385

Телюбаев Ж. Б., Ильин Ю. П., Шерьязов С. К.
Южно-Уральский государственный аграрный университет
telyubaev@yandex.ru

АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕМЕНТОВ ИМИТАЦИОННОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ МЕЗОФИЛЬНОГО РЕЖИМА БРОЖЕНИЯ

Аннотация. В статье представлено описание имитационной динамической компьютерной модели биогазовой установки в пакете программ SciLab и результатов анализа процесса анаэробной переработки отходов животноводства. Данная модель дает возможность оценки зависимости энергетического потенциала при переработке отходов животноводства в условиях зоны Южного Урала от различных режимов работы. Программа базируется на различных вариантах компоновки биогазовой установки в условиях помещения при использовании набора материалов для тепловой защиты. Она учитывает значительные массивы различных видов компоновки биогазовой установки, как в помещении, так и вне помещения с известными видами изоляционных покрытий, а также позволяет наглядно представить процесс переработки, делать компактные выборки и достаточно точно имитировать режим работы.